

PAT-NO: JP410305375A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10305375 A  
TITLE: LASER PROCESSING APPARATUS AND METHOD  
PUBN-DATE: November 17, 1998  
INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
NAKANO, TAKANORI  
ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
SHARP CORP N/A  
APPL-NO: JP09117934  
APPL-DATE: May 8, 1997

INT-CL (IPC): B23K026/00, B23K026/08

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the laser processing apparatus which enables to form a high precision pattern such as scribed groove and the like, and yet to prevent short-circuiting due to recrystallization of once vaporized thin film material.

SOLUTION: The laser processing apparatus 1 is an apparatus for forming a pattern on a face 9a of a laminated layer to be treated, which is one face of pliable transparent and insulated base plate 9, by irradiating the laser light L to the layer 9a. The apparatus is provided with a stage 2 of transparent material with a convex curved face 2a and a laser head LH on the reverse side 2b of the stage 2. The laser and light L irradiates to the layer to be treated from the laser head LH and through the stage 2 and the transparent insulated plate 9, while the convex face 2a of the stage 2 is being touched to the other face 9b of the transparent insulated plate 9.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-305375

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
B 2 3 K 26/00

識別記号

F I  
B 2 3 K 26/00

D  
H  
F

26/08

26/08

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-117934

(22) 出願日 平成9年(1997)5月8日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 中野 孝紀

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

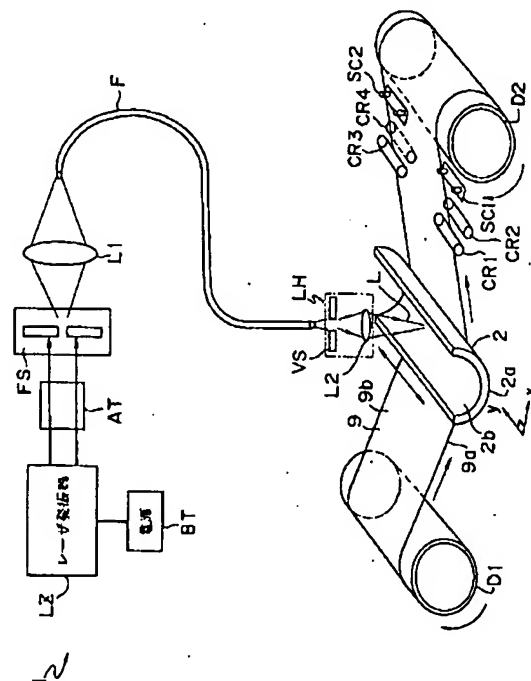
(74) 代理人 弁理士 青山 稔 (外1名)

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置および方法

(57) 【要約】

【課題】 スクライブ溝等のパターンを精度良く形成でき、しかも一旦蒸発した薄膜材料の再結晶化による短絡を防止できるレーザ加工装置を提供する。

【解決手段】 柔軟性を持つ透明絶縁基板9の一方の面9aに積層された被加工層にレーザ光Lを照射して、上記被加工層にパターンを形成するためのレーザ加工装置1である。凸状に湾曲した表面2aを持つ透明材からなるステージ2と、ステージ2の裏面2b側に配置されたレーザヘッド部LHを備える。ステージ2の凸状の表面2aが透明絶縁基板9の他方の面9bに当接した状態で、レーザヘッド部LHからステージ2および透明絶縁基板9を通して上記被加工層にレーザ光Lを照射する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 柔軟性を持つ透明絶縁基板の一方の面に積層された被加工層にレーザ光を照射して、上記被加工層にパターンを形成するためのレーザ加工装置であって、

凸状に湾曲した表面を持つ透明材からなるステージと、上記ステージの裏面側に配置されたレーザヘッド部を備え、

上記ステージの上記凸状の表面が上記透明絶縁基板の他方の面に当接した状態で、上記レーザヘッド部から上記ステージおよび透明絶縁基板を通して上記被加工層にレーザ光を照射することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】 請求項1に記載のレーザ加工装置において、

上記ステージは、一方向に延在する部材であり、上記一方向に垂直な断面が一定の形状を持ち、上記断面の湾曲した外縁部が上記凸状の表面を形成していることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項3】 請求項2に記載のレーザ加工装置において、

上記透明絶縁基板を上記ステージに対して巻回方向に張力をもたせて摺動させる搬送手段を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項4】 請求項1、2または3に記載のレーザ加工装置において、

上記ステージは裏面側に、上記レーザヘッド部から入射したレーザ光を上記被加工層のパターンを形成すべき箇所に集光させる集光部を有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項5】 請求項1、2または3に記載のレーザ加工装置において、

上記ステージの上記透明絶縁基板に当接する領域に光遮断部材が設けられ、この光遮断部材に、形成すべきパターンの幅に相当する幅を持つスリットが形成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項6】 請求項1、2または3に記載のレーザ加工装置において、

上記ステージはレーザ光をこのステージの裏面側から表面側に導く光導波路を有し、この光導波路は、形成すべきパターンの幅に応じた幅を持つことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項7】 柔軟性を持つ透明絶縁基板の一方の面に積層された被加工層にレーザ光を照射して、上記被加工層にパターンを形成するためのレーザ加工方法であって、

凸状に湾曲した表面を持つ透明材からなるステージを用い、

上記ステージの上記凸状の表面を上記透明絶縁基板の他方の面に当接した状態で、上記ステージの裏面側から上記ステージおよび透明絶縁基板を通して上記被加工層に

レーザ光を照射することを特徴とするレーザ加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はレーザ加工装置および方法に関する。より詳しくは、柔軟性を持つ透明絶縁基板に積層された膜をパターン加工するのに好適なレーザ加工装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、図6に示すような集積型薄膜太陽電池が盛んに生産されている。この集積型薄膜太陽電池は、柔軟性を持つ透明絶縁基板（例えばフッ素樹脂その他の高分子化合物からなる）10の片面に、透明電極層11、非晶質光電変換層12および裏面電極層13を積層した構造を有する複数のユニットセルを有している。各ユニットセル内の非晶質光電変換層12は、N型、I型及びP型の各アモルファスシリコン層を積層したものであり、太陽光を受けて起電力を生ずる。隣り合うユニットセルは電気的に直列に接続されており、各ユニットセルの起電力を足し合わせた起電力が全体としての出力電圧となる。

【0003】このような集積型薄膜太陽電池を作製する場合、基板上に積層した各薄膜層11、12、13を個々のユニットセルに対応づけて短冊状に分割するため、パターン加工を行って、各薄膜層11、12、13に溝（以下「スクライプ溝」という。）を形成する必要がある。パターン加工の方法としては、微細加工に適していることから、薄膜にレーザ光を照射して薄膜の一部を蒸発させるレーザスクライプ加工（局所的加熱による材料の昇華だけでなく、衝撃波によるアブレーション（剥離）も含む。）が広く採用されている。

【0004】すなわち、先ず、透明絶縁基板10の裏面に透明電極層11を積層した後、この透明電極層11にレーザ光を照射し、透明電極層11の表面上を一定のピッチでライン状に走査して、走査した箇所に第1スクライプ溝SL1を形成する。これにより、透明電極層11を短冊状に複数に分割して、各透明電極層11を互いに電気的に絶縁された状態にする。次に、例えばプラズマCVD（化学気相成長法）により、この上に非晶質光電変換層12を積層する。そして、この非晶質光電変換層12にレーザ光を照射し、非晶質光電変換層12の表面上を上記ピッチと同一のピッチで走査して、第1スクライプ溝SL1と重ならない位置に第2スクライプ溝SL2を形成する。これにより、非晶質光電変換層12を短冊状に複数に分割して、各非晶質光電変換層12を互いに電気的に絶縁された状態にする。次に、この上に裏面電極層13を積層した後、この裏面電極層13にレーザ光を照射し、裏面電極層13の表面上を上記ピッチと同一のピッチでライン状に走査して、第2スクライプ溝SL2と重ならない位置に第3スクライプ溝SL3を形成する。これにより、裏面電極層13を複数に分割して、

各裏面電極層13を互いに電氣的に絶縁するとともに、或るユニットセルの裏面電極層13とその直下に存する隣のユニットセルの透明電極層11とが第2スクライブ溝SL2を通して電氣的に接続された状態にする。

【0005】このようにレーザスクライブ法を用いて集積型薄膜太陽電池を作製した場合、他のパターン加工法を用いる場合に比して比較的容易にスクライブ溝を形成できるので、製造工程を簡略化でき、生産コストを低く抑えることができる。また、このレーザスクライブ法によれば、スクライブ幅が100μm以下の微細加工が可能となるため、裏面電極層13と透明電極層11とのコンタクト面積を小さく抑えることができる。この結果、非品質光電変換層12の面積が相対的に増え、集積型薄膜太陽電池の有効発電面積を増やすことができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、レーザスクライブ法によりパターン加工を行う場合、良好に加工を行うためには、被加工層がレーザ光の焦点深度内に位置していることが必要とされる。

【0007】しかし、上述のように柔軟性を持つ透明絶縁基板10を用いた場合には、基板10が容易に撓み、平面度が良くないため、被加工層11、12、13がレーザ光の焦点深度から外れるという問題がある。この結果、結像がデフォーカスとなり、加工面におけるレーザパワーが変動して、パターンを精度良く形成することができなくなる。なお、透明絶縁基板として比較的剛性を持つガラス基板を用いた場合は、ガラス基板の厚みバラツキと撓みを所望の規定値内に管理することができ、レーザ加工に要求される平面度を確保できるため、あまり問題は生じない。

【0008】柔軟性を持つ透明絶縁基板を用いた場合に、被加工層がレーザ光の焦点深度から外れるという問題を解決するために、柔軟性を持つ透明絶縁基板を矯正用ガラス板で両側から挟んで保持し、被加工層の平面度を確保する方法が提案されている（例えば、特開平5-218471号公報）。しかしながら、この方法では、透明絶縁基板上の被加工層が矯正用ガラス板と接触して密封された状態になっているため、蒸発した物質は逃げ場がなく、再結晶化してスクライブ溝内に付着し、分割すべき領域間の短絡の原因になる。さらに、この方法では、図5に示すように、被加工層（例えば透明電極層11）をパターン加工するために照射したレーザ光が矯正用ガラス板52を透過し、この矯正用ガラス板52を載せたステージSに乱反射されてスクライブ溝SL1の周辺に再入射する。この結果、スクライブ溝SL1の形状が不良となり、スクライブの加工精度が著しく低下するという問題がある。

【0009】そこで、この発明の目的は、スクライブ溝等のパターンを精度良く形成でき、しかも一旦蒸発した薄膜材料の再結晶化による短絡を防止できるレーザ加工

装置および方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載のレーザ加工装置は、柔軟性を持つ透明絶縁基板の一方の面に積層された被加工層にレーザ光を照射して、上記被加工層にパターンを形成するためのレーザ加工装置であって、凸状に湾曲した表面を持つ透明材からなるステージと、上記ステージの裏面側に配置されたレーザヘッド部を備え、上記ステージの上記凸状の表面が上記透明絶縁基板の他方の面に当接した状態で、上記レーザヘッド部から上記ステージおよび透明絶縁基板を通して上記被加工層にレーザ光を照射することを特徴とする。

【0011】この請求項1のレーザ加工装置では、ステージの凸状の表面が透明絶縁基板の他方の面（被加工層が積層された面と反対側の面）に当接されるので、透明絶縁基板がその柔軟性によってステージの表面に沿って密接し、ステージの表面から被加工層までの距離が略一定（透明絶縁基板の厚さ分）になる。したがって、上記ステージの表面の位置と透明絶縁基板の厚さとに基づいてレーザ光の集光系を調節することによって、被加工層がレーザ光の焦点深度に容易に収まり、それから外れなくなる。また、透明絶縁基板の被加工層が積層された面側は開放されているので、被加工層を透過したレーザ光が反射されて被加工層（パターンエッジ近傍）へ再入射することはない。したがって、スクライブ溝等のパターンが精度良く形成される。しかも、透明絶縁基板の被加工層が積層された面側は開放されているので、一旦蒸発した薄膜材料が再結晶化してスクライブ溝内に付着することはない。したがって、分割すべき領域間の短絡のおそれが無くなる。

【0012】請求項2に記載のレーザ加工装置は、請求項1に記載のレーザ加工装置において、上記ステージは、一方向に延在する部材であり、上記一方向に垂直な断面が一定の形状を持ち、上記断面の湾曲した外縁部が上記凸状の表面を形成していることを特徴とする。

【0013】この請求項2のレーザ加工装置によれば、上記一方向に所定の幅を持つ帯状の透明絶縁基板を、上記ステージの上記凸状の表面を部分的に巻回することにより、上記凸状の表面に沿って容易に当接させることができる。この状態で、上記透明絶縁基板に対して上記一方向に沿ってレーザ光を照射することにより上記一方向に延びる1本のスクライブ溝が形成される。また、上記透明絶縁基板を巻回方向に一定量だけ摺動させた後、上記透明絶縁基板に対して上記一方向に沿ってレーザ光を照射することにより上記スクライブ溝と平行に別のスクライブ溝が形成される。このようにして、上記透明絶縁基板を一定量ずつ巻回方向に摺動させながら、次々とスクライブ溝を形成することができる。

【0014】請求項3に記載のレーザ加工装置は、請求

項2に記載のレーザ加工装置において、上記透明絶縁基板を上記ステージに対して巻回方向に張力をもたせて摺動させる搬送手段を備えたことを特徴とする。

【0015】この請求項3のレーザ加工装置では、上記搬送手段によって上記透明絶縁基板が上記ステージに対して上記巻回方向に摺動される。しかも、上記透明絶縁基板は上記巻回方向に張力を持たせて摺動されるので、上記ステージの表面上記透明絶縁基板の上記他方の面が強く密接する。したがって、被加工層がレーザ光の焦点深度にさらに確実に収まり、スクライプ溝がさらに精度良く形成される。また、平行なスクライプ溝だけではなく、搬送手段による透明絶縁基板の上記巻回方向の移動と、レーザヘッド部の上記一方の移動とを組み合わせ、様々なパターンを形成することができる。

【0016】請求項4に記載のレーザ加工装置は、請求項1、2または3に記載のレーザ加工装置において、上記ステージは裏面側に、上記レーザヘッド部から入射したレーザ光を上記被加工層のパターンを形成すべき箇所に集光させる集光部を有することを特徴とする。

【0017】この請求項4のレーザ加工装置では、上記ステージの裏面側の集光部によって、上記レーザヘッド部から入射したレーザ光が上記被加工層のパターンを形成すべき箇所に集光される。したがって、レーザヘッド部に集光のための対物レンズを設ける必要が無くなり、装置を簡素化することができる。また、レーザヘッド部が軽量化される結果、レーザヘッド部の上記一方の移動が高速化され、パターン加工の速度が高速化される。

【0018】請求項5に記載のレーザ加工装置は、請求項1、2または3に記載のレーザ加工装置において、上記ステージの上記透明絶縁基板に当接する領域に光遮断部材が設けられ、この光遮断部材に、形成すべきパターンの幅に相当する幅を持つスリットが形成されていることを特徴とする。

【0019】この請求項5のレーザ加工装置では、レーザヘッド部の対物レンズによってレーザ光が平行光とされ、この平行光が上記ステージの裏面側に入射される。その結果、上記ステージに設けられた光遮断部材のスリットを通して、形成すべきパターン（スクライプ溝等）の幅に相当する幅の平行光が透過する。この平行光はさらに上記透明絶縁基板を透過し、被加工層に照射されてパターンが形成される。このとき、上記透明絶縁基板に照射されるレーザ光の幅は上記対物レンズの焦点深度にかかわらず一定に保たれるので、スクライプ溝等のパターンが精度良く形成される。しかも、上記透明絶縁基板の厚みのばらつきに関係なく良好な加工が行われる。

【0020】請求項6に記載のレーザ加工装置は、請求項1、2または3に記載のレーザ加工装置において、上記ステージはレーザ光をこのステージの裏面側から表面側に導く光導波路を有し、この光導波路は、形成すべきパターンの幅に応じた幅を持つことを特徴とする。

【0021】この請求項6のレーザ加工装置では、レーザヘッド部の対物レンズによって集光されたレーザ光が、このステージに設けられた光導波路に入射される。そして、ステージの裏面側から表面側へこの光導波路を通して、形成すべきパターン（スクライプ溝等）の幅に応じた幅のレーザ光が透過する。このレーザ光はさらに上記透明絶縁基板を透過し、被加工層に照射されてパターンが形成される。このレーザ光の幅は、上記光導波路の幅と開口数とによって定まり、上記対物レンズの焦点深度にかかわらず一定に保たれるので、スクライプ溝等のパターンが精度良く形成される。しかも、上記透明絶縁基板の厚みのばらつきに関係なく良好な加工が行われる。

【0022】請求項7に記載のレーザ加工方法は、柔軟性を持つ透明絶縁基板の一方の面に積層された被加工層にレーザ光を照射して、上記被加工層にパターンを形成するためのレーザ加工方法であって、凸状に湾曲した表面を持つ透明材からなるステージを用い、上記ステージの上記凸状の表面を上記透明絶縁基板の他方の面に当接した状態で、上記ステージの裏面側から上記ステージおよび透明絶縁基板を通して上記被加工層にレーザ光を照射することを特徴とする。

【0023】この請求項7のレーザ加工方法では、ステージの凸状の表面を透明絶縁基板の他方の面（被加工層が積層された面と反対側の面）に当接するので、透明絶縁基板がその柔軟性によってステージの表面に沿って密接し、ステージの表面から被加工層までの距離が略一定（透明絶縁基板の厚さ分）になる。したがって、上記ステージの表面の位置と透明絶縁基板の厚さとに基づいてレーザ光の集光系を調節することによって、被加工層がレーザ光の焦点深度に容易に収まり、それから外れなくなる。また、透明絶縁基板の被加工層が積層された面側は開放されているので、被加工層を透過したレーザ光が反射されて被加工層（パターンエッジ近傍）へ再入射することはない。したがって、パターンが精度良く形成される。しかも、透明絶縁基板の被加工層が積層された面側は開放されているので、一旦蒸発した薄膜材料が再結晶化してスクライプ溝内に付着することはない。したがって、分割すべき領域間の短絡のおそれが無くなる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0025】図1はこの発明の一実施形態のレーザ加工装置1の概略構成を示している。

【0026】このレーザ加工装置1は、Nd:YAGレーザ発振器LZと、レーザ光の強度を調節するアッテネータATと、レーザ光を絞るスリットFSと、このスリットFSを透過したレーザ光を集束させる集光レンズL1と、この集光レンズL1によって集束されたレーザ光を作業位置まで導く光ファイバFと、光ファイバFから

受けたレーザ光を加工対象物に対して走査するためのレーザヘッド部LHと、加工対象物が当接すべきステージ2を備えている。なお、BTは電源を示している。

【0027】この例では加工対象物は、柔軟性を持つ透明絶縁基板9の一方の面9aに、被加工層として図示しない透明電極層や非晶質光電変換層(図6における透明電極層11、非晶質光電変換層12に相当する)を積層したものである。透明絶縁基板9の材料としては、Nd:YAGレーザの発振波長1.06 $\mu$ m及び534nmにおいて透明な、ポリイミド、ポリカーボネイト樹脂、フッ素樹脂等の高分子化合物を使用する。透明絶縁基板9の幅は例えば500mm程度、その厚さは25~100 $\mu$ m程度とする。透明電極層はSnO<sub>2</sub>やZnO等からなり、その厚さは1 $\mu$ m程度とする。非晶質光電変換層はN型、I型及びP型の各アモルファスシリコン層を積層したものであり、その厚さは0.4 $\mu$ m程度とする。

【0028】Nd:YAGレーザ発振器LZは、Nd:YAGを用いて波長1.06 $\mu$ mまたは波長534nm(第2高調波)のレーザ光を出力することができる。後述するように、透明電極層を加工する場合には波長1.06 $\mu$ mのレーザ光を出力させる一方、非晶質光電変換層を加工する場合には波長534nm(第2高調波)のレーザ光を出力させる。

【0029】光ファイバFは、YAGレーザ光に対する伝搬損失が数dB/kmと非常に小さい石英系光ファイバである。その内部構造としては、パルス発振の高いピーク出力に対する耐久性を得るために、コア内のビーム閉じ込めの良いステップインデックス型が採用されている。

【0030】レーザヘッド部LHは、この例では、光ファイバFから受けたレーザ光を絞る可変スリットVSと、このスリットVSを透過したレーザ光を集束させる対物レンズL2とを有している。対物レンズL2の焦点距離は50mmであり、その光軸は鉛直方向に向けられている。レーザヘッド部LHが射出したレーザ光Lは対物レンズL2の鉛直下方で集束する。このレーザヘッド部LHは、図示しない駆動機構によって支持されるとともに、後述するように水平面内の一方(y方向)に移動される。

【0031】ステージ2は、誘電体である透明ガラスからなり、円筒を中心軸を通る平面で2分割した半円筒状の形状を有している。ステージ2の外径は200mm、内径は190mm(したがって厚みは5mm)、長手方向の長さは800mmに設定されている。透明ガラスとしては、石英ガラス、ソーダ石灰ガラス、ホウケイ酸ガラス、鉛ガラス等の様々なものを採用することができる。このステージ2は比較的単純な形状を有するので、簡単に作製することができる。ステージ2は、凸状に湾曲した表面2aを下向き、凹状に湾曲した裏面2bを上

向きにし、かつ長手方向をy方向に向けた状態で、レーザヘッド部LHの直下に配置されている。なお、このステージ2は支持部材(図示せず)によって固定状態で支持されている。

【0032】ステージ2のx方向(水平面でy方向に垂直な方向)両側には、それぞれ円筒状の搬送用ドラムD1、D2が配置されている。各搬送用ドラムD1、D2は長手方向をy方向に向けた状態で、それぞれの中心軸の周りに支持部材(図示せず)によって回転自在に支持されており、図示しない回転手段によって回転される。

【0033】ドラムD1には予め透明絶縁基板9(一方の面9aに透明電極層や非晶質光電変換層が積層されたもの)が巻回されている。レーザ加工を行う場合は、ドラムD1を図1において時計周りに回転させてドラムD1から透明絶縁基板9を送り出し、透明絶縁基板9がステージ2の表面2aの最下部を巻回し、蛇行修正ロールCR1とCR2との間および蛇行修正ロールCR3とCR4との間を通してドラムD2に図1において時計周りに巻き取られる状態にする(ロールツーロール方式)。搬送用ドラムD1、D2の回転を制御して、透明絶縁基板9に或る一定の張力が掛かり、透明絶縁基板9の他方の面9bがステージ2の表面2aに押し付けられるようにする。これにより、透明絶縁基板9の面9bをステージ2の表面2aに対して密接して摺動させることができる。具体的には、透明絶縁基板9にかかる張力は1~30kg/cm<sup>2</sup>の範囲内に設定する。

【0034】蛇行修正ロールCR1、CR2およびCR3、CR4は、蛇行検出用センサSC1、SC2の出力に基づいて、図示しない制御手段によって制御される。これにより、透明絶縁基板9をy方向に関してステージ2の所定位置に当接できるとともに、搬送用ドラムD1、D2の巻き取り状態を良好に保つことができる。

【0035】このレーザ加工装置は、図6に示したのと同様の集積型太陽電池の透明電極層、非晶質光電変換層のパターン加工を行う場合、次のようにして使用される。

【0036】① まず、透明絶縁基板9の面9aに被加工層として透明電極層のみが積層されており、この透明電極層にスクライブ溝を形成するものとする。

【0037】この場合、Nd:YAGレーザ発振器LZに波長1.06 $\mu$ mのレーザ光を出力させる。このレーザ光をアッテネータAT、スリットFS、集光レンズL1および光ファイバFを通してレーザヘッド部LHに導き、レーザヘッド部LHの可変スリットVS、対物レンズL2を通してステージ2の裏面2b側に入射させる。そして、ステージ2および透明絶縁基板9を通して被加工層である透明電極層の位置に結像させる。なお、レーザ光の強度、結像サイズは予めスクライブ溝形成に適切な値に設定しておく。ステージ2の透明ガラス材の屈折

率が1.5であり、透明絶縁基板9(例えばフッ素樹脂からなる)の屈折率が1.6であるものとする、フレネルの計算式により、空気とステージ2との界面では4%の反射、ステージ2と透明絶縁基板9との界面では3%の反射しかない。したがって、集光したレーザ光Lの殆ど大部分が被加工層である透明電極層に到達する。

【0038】このとき、透明絶縁基板9がその柔軟性によってステージ2の表面2aに沿って密接し、ステージ2の表面2aから被加工層までの距離が略一定(透明絶縁基板9の厚さ分)になっているので、ステージ2の表面2aの位置と透明絶縁基板9の厚さとに基づいてレーザ光の集光系を調節することによって、被加工層がレーザ光の焦点深度に容易に収まり、それから外れなくなる。

【0039】この状態で、レーザヘッド部LHをy方向に移動させて透明絶縁基板9に対してレーザ光Lを走査することにより、y方向に延びる1本のスクライプ溝を形成できる。次に、搬送用ドラムD1、D2を回転させて透明絶縁基板9をx方向、すなわち実質的に巻回方向に一定量だけ摺動させる。そして、レーザヘッド部LHをy方向に移動させて透明絶縁基板9に対してレーザ光Lを走査する。これにより、上記スクライプ溝と平行に別のスクライプ溝を形成できる。このようにして、透明絶縁基板9を一定量ずつ巻回方向に摺動させながら、次々とスクライプ溝を形成することができる。なお、搬送用ドラムD1、D2は、一つのスクライプ溝を形成した回転位置から次のスクライプ溝を形成する回転位置まで、連続的に回転させても良いし、ステップ的に回転させても良い。

【0040】このようにして、被加工層を常にレーザ光の焦点深度に入れた状態で、精度良くスクライプ溝を形成することができる。また、透明絶縁基板9の被加工層が積層された面9a側は開放されているので、被加工層を透過したレーザ光が反射されて被加工層(スクライプ溝近傍)へ再入射することはない。したがって、スクライプ溝が精度良く形成される。しかも、透明絶縁基板9の被加工層が積層された面9a側は開放されているので、一旦蒸発した薄膜材料が再結晶化してスクライプ溝内に付着することはない。したがって、分割すべき領域間の短絡を防止することができる。

【0041】② 次に、透明絶縁基板9の面9aに、既にスクライプ溝が形成された透明電極層と、非晶質光電変換層とが積層されており、この非晶質光電変換層にスクライプ溝を形成するものとする。

【0042】この場合、Nd:YAGレーザ発振器LZに波長534nmのレーザ光(第2高調波)を出力させる。上記①と同様に、このレーザ光をアッテネータAT、スリットFS、集光レンズL1および光ファイバFを通してレーザヘッド部LHに導き、レーザヘッド部LHの可変スリットVS、対物レンズL2を通してステー

ジ2の裏面2b側に入射させる。そして、ステージ2、透明絶縁基板9および上記透明電極層を通して被加工層である非晶質光電変換層の位置に結像させる。このとき、レーザ光は波長が534nmと短いので、上記透明電極層には吸収されず、上記非晶質光電変換層に吸収されてこの層の材料を蒸発させる。

【0043】この場合も上記①と同様に、スクライプ溝を精度良く形成できる。しかも、一旦蒸発した薄膜材料が再結晶化してスクライプ溝内に付着することなく、分割すべき領域間の短絡を防止することができる。

【0044】図2はステージ2の変形例2Aを示している。このステージ2Aは、ステージ2の凹状に湾曲した裏面2cに、このステージの半円筒部分と同じ透明ガラス材からなり、y方向に延びる半円柱状の集光部2cを有している。この集光部2cは、レーザヘッド部LHから入射したレーザ光Lを被加工層のパターンを形成すべき箇所に集光させる。したがって、レーザヘッド部LHに集光のための対物レンズL2を省略でき、装置を簡素化することができる。また、レーザヘッド部LHが軽量化される結果、レーザ光のy方向の走査を高速化でき、スクライプ溝等のパターンの形成速度を高速化できる。

【0045】図3はステージ2の別の変形例2Bを示している。このステージ2Bは、透明絶縁基板9に当接する領域、すなわち凸状の表面2aの最下部に光遮断部材21を備えている。この光遮断部材21は、銀、アルミ等の金属をスパッタ法あるいは蒸着法により形成されたもので、ステージ2の外径を変えないように表面2aに埋め込まれている。光遮断部材21の中央には、形成すべきパターンの幅に相当する幅を持ち、y方向に延びるスリット22が形成されている。このステージ2Bを用いる場合、レーザヘッド部LHの対物レンズL2によってレーザ光Lが平行光とされ、この平行光がステージ2Bの裏面側に入射される。その結果、ステージ2Bに設けられた光遮断部材21のスリット22を通して、形成すべきパターン(スクライプ溝等)の幅に相当する幅の平行光が透過する。この平行光はさらに透明絶縁基板9を透過し、面9aに積層された被加工層に照射されてパターンが形成される。この場合、形成されたパターンの幅を対物レンズL2の焦点深度にかかわらず一定に保つことができる。したがって、スクライプ溝等のパターンを精度良く形成できる。しかも、透明絶縁基板9の厚みのばらつきに関係なく良好な加工を行うことができる。

【0046】図4はステージ2のさらに別の変形例2Cを示している。このステージ2Cは、レーザ光Lを裏面2b側から表面2a側に導く光導波路32を有している。この光導波路32は、x方向両側のガイド部31よりも屈折率が高く設定されており、形成すべきパターンの幅に応じた幅でy方向に延在している。このステージ2Cを用いる場合、レーザヘッド部LHの対物レンズL2によって集光されたレーザ光Lが、このステージ2C



に設けられた光導波路32に入射される。そして、ステージ2Cの裏面2b側から表面2a側へ光導波路32を通して、形成すべきパターン（スクライプ溝等）の幅に応じた幅のレーザ光が透過する。このレーザ光はさらに透明絶縁基板9を透過し、面9aに積層された被加工層に照射されてパターンが形成される。この場合、形成されたパターンの幅は、光導波路32の幅と開口数とによって定まり、上記対物レンズL2の焦点深度にかかわらず一定に保つことができる。したがって、スクライプ溝等のパターンを精度良く形成できる。しかも、透明絶縁

基板9の厚みのばらつきに関係なく良好な加工を行うことができる。  
【0047】上記光導波路32は、一般的なイオン交換法を用いて、例えば次のようにして形成する。すなわち、ソーダガラスを硝酸カリウム、硫酸カリウム溶液の中に浸し、300～400℃に加熱する。これにより、ソーダガラス中のナトリウムイオンと溶液中のカリウムイオンが交換され、カリウムイオンがガラス中に拡散される。この場合、カリウムが多く拡散された表面側ほど屈折率が高くなる。逆に、カリウムを含むガラスを硝酸ナトリウム、硫酸ナトリウム溶液に入れ加熱することにより、ナトリウムが多く拡散された表面側ほど屈折率を小さくできる。交換するイオンとして、銀、カリウムを用いれば0.1程度の大きな屈折率変化を得ることができる。この手法を用いて、屈折率が小さいガラス材からなるガイド部31の内側に屈折率が大きい光導波路32を形成する。また、他の方法としてゲルマニウムを含むガラスを表面に成膜し、300～400℃でアニールすることによりゲルマニウムをガラス中に拡散して、ゲルマニウムが多く拡散された表面側ほど屈折率を大きくする手法を用いることもできる。

【0048】なお、この実施形態では被加工層に平行なスクライプ溝を形成する場合について述べたが、当然ながらこれに限られるものではない。このレーザ加工装置では、搬送用ドラムD1、D2によるx方向の透明絶縁基板9の移動と、レーザヘッド部LHの移動によるy方向のレーザ光の走査とを組み合わせることにより、様々なパターンを形成することができる。

【0049】また、スクライプ溝を形成する場合、レーザヘッド部によってy方向に細長い帯状のレーザ光を出射するようにしても良い。これにより、レーザヘッド部のy方向の移動手段を省略することができる。

【0050】また、集積型太陽電池の裏面電極層（図6中の裏面電極層13に相当し、通常は厚さ0.2μm程度の銀薄膜からなる。）のパターン加工を行う場合は、レーザヘッド部LHをステージ2の直下、すなわち被加工層に直接対向する側に配置して、レーザヘッド部LHから裏面電極層へ波長534nmのレーザ光を直接照射する。これにより、裏面電極層の加工に伴って非晶質光電交換層が加工されるのを避けることができる。また、

透明絶縁基板9がその柔軟性によってステージ2の表面2aに沿って密接し、ステージ2の表面2aから被加工層までの距離が略一定（透明絶縁基板9の厚さ分）になっているので、ステージ2の表面2aの位置と透明絶縁基板9の厚さとに基づいてレーザ光の集光系を調節することによって、被加工層がレーザ光の焦点深度に容易に収まり、それから外れなくなる。したがって、スクライプ溝等のパターンを精度良く形成することができる。しかも、透明絶縁基板9の被加工層が積層された面9a側は開放されているので、一旦蒸発した薄膜材料が再結晶化してスクライプ溝内に付着することはない。したがって、分割すべき領域間の短絡を防止することができる。

【0051】

【発明の効果】以上より明らかなように、請求項1のレーザ加工装置では、ステージの凸状の表面が透明絶縁基板の他方の面（被加工層が積層された面と反対側の面）に当接されるので、被加工層がレーザ光の焦点深度に容易に収まり、それから外れなくなる。また、透明絶縁基板の被加工層が積層された面側は開放されているので、被加工層を透過したレーザ光が反射されて被加工層（パターンエッジ近傍）へ再入射することはない。したがって、スクライプ溝等のパターンを精度良く形成することができる。しかも、透明絶縁基板の被加工層が積層された面側は開放されているので、一旦蒸発した薄膜材料が再結晶化してスクライプ溝内に付着することなく、分割すべき領域間の短絡を防止することができる。

【0052】請求項2に記載のレーザ加工装置では、上記ステージは、一方向に延在する部材であり、上記一方向に垂直な断面が一定の形状を持ち、上記断面の湾曲した外縁部が上記凸状の表面を形成しているため、上記一方向に所定の幅を持つ帯状の透明絶縁基板を、上記ステージの凸状の表面を部分的に巻回することにより、上記凸状の表面に沿って容易に当接させることができる。この状態で、上記透明絶縁基板を一定量ずつ巻回方向に摺動させながら、次々とスクライプ溝を形成することができる。

【0053】請求項3に記載のレーザ加工装置では、上記搬送手段によって上記透明絶縁基板が上記ステージに対して上記巻回方向に張力を持たせて摺動されるので、上記ステージの表面上に上記透明絶縁基板の上記他方の面を強く密接させることができる。したがって、被加工層がレーザ光の焦点深度にさらに確実に収まり、スクライプ溝をさらに精度良く形成できる。また、平行なスクライプ溝だけでなく、搬送手段による透明絶縁基板の上記巻回方向の移動と、レーザヘッド部の上記一方向の移動とを組み合わせ、様々なパターンを形成することができる。

【0054】請求項4に記載のレーザ加工装置では、上記ステージの裏面側の集光部によって、上記レーザヘッド部から入射したレーザ光が上記被加工層のパターンを



13

形成すべき箇所に集光されるので、レーザヘッド部に集光のための対物レンズを設ける必要が無くなり、装置を簡素化することができる。また、レーザヘッド部が軽量化される結果、レーザヘッド部の上記一方の移動を高速化でき、パターン加工の速度を高速化できる。

【0055】請求項5に記載のレーザ加工装置では、上記ステージの上記透明絶縁基板に当接する領域に光遮断部材が設けられ、この光遮断部材に、形成すべきパターンの幅に相当する幅を持つスリットが形成されているので、レーザヘッド部から平行光を上記ステージの裏面側に入射させることによって、上記透明絶縁基板に照射されるレーザ光の幅を上記対物レンズの焦点深度にかかわらず一定に保つことができる。したがって、スクライプ溝等のパターンを精度良く形成することができる。しかも、上記透明絶縁基板の厚みのばらつきに関係なく良好な加工を行うことができる。

【0056】請求項6に記載のレーザ加工装置では、光導波路を透過するレーザ光の幅を、上記光導波路の幅と開口数とによって定めることができ、上記対物レンズの焦点深度にかかわらず一定に保つことができる。したがって、スクライプ溝等のパターンを精度良く形成することができる。しかも、上記透明絶縁基板の厚みのばらつきに関係なく良好な加工を行うことができる。

【0057】請求項7に記載のレーザ加工方法によれば、ステージの凸状の表面が透明絶縁基板の他方の面（被加工層が積層された面と反対側の面）に当接されるので、被加工層がレーザ光の焦点深度に容易に収まり、それから外れなくなる。また、透明絶縁基板の被加工層が積層された面側は開放されているので、被加工層を透過したレーザ光が反射されて被加工層（パターンエッジ

14

近傍）へ再入射することはない。したがって、スクライプ溝等のパターンを精度良く形成することができる。しかも、透明絶縁基板の被加工層が積層された面側は開放されているので、一旦蒸発した薄膜材料が再結晶化してスクライプ溝内に付着することなく、分割すべき領域間の短絡を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態のレーザ加工装置の全体構成を示す図である。

【図2】 上記レーザ加工装置に用いるステージの変形例を示す図である。

【図3】 上記レーザ加工装置に用いるステージの別の変形例を示す図である。

【図4】 上記レーザ加工装置に用いるステージの別の変形例を示す図である。

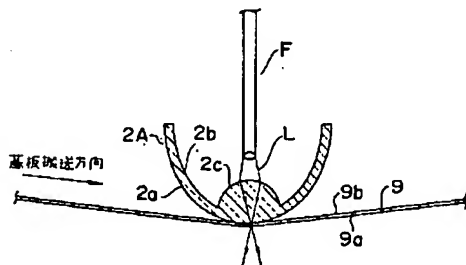
【図5】 従来のレーザ加工装置の問題を説明するための図である。

【図6】 一般的な集積型薄膜太陽電池の構造を示す斜視図である。

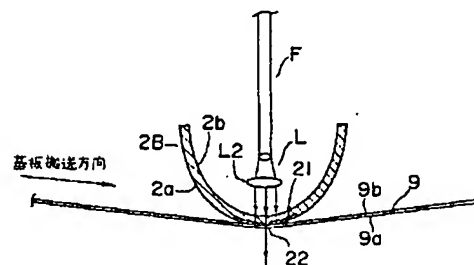
【符号の説明】

- 1 レーザ加工装置
- 2, 2A, 2B, 2C ステージ
- 2c 集光部
- 9 透明絶縁基板
- 3 2 光導波路
- D1, D2 搬送用ドラム
- LZ レーザ発振器
- F 光ファイバ
- LH レーザヘッド部

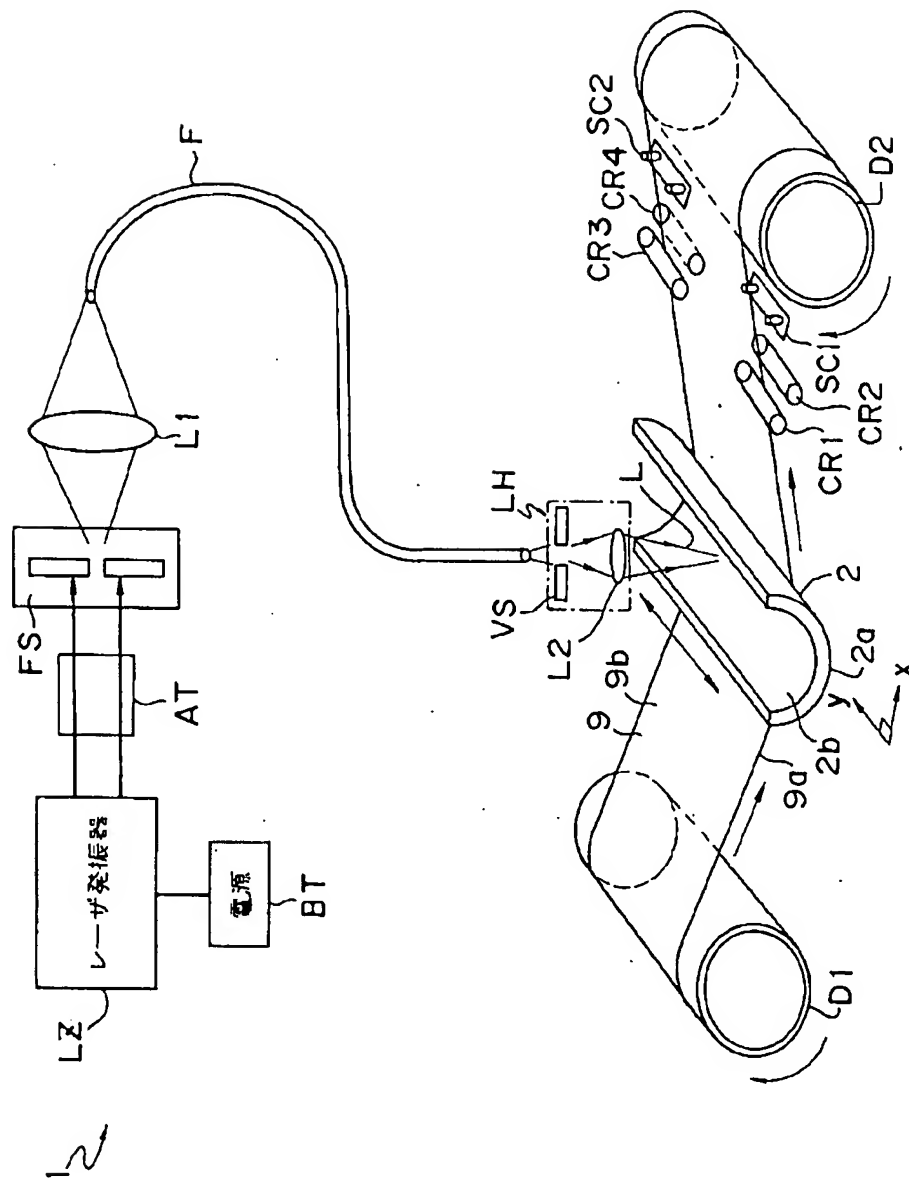
【図2】



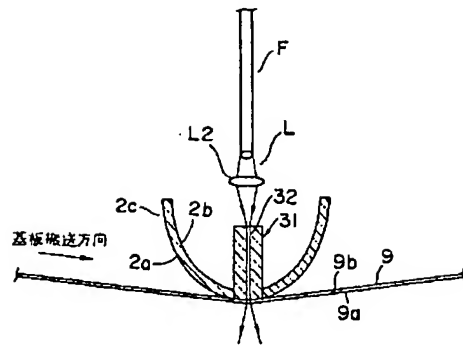
【図3】



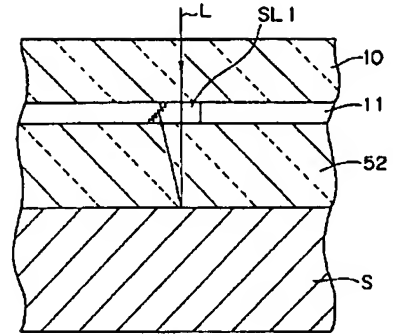
【図1】



【図4】



【図5】



【図6】

